

© EPODOC / EPO

PN - JP5323139 A 19931207
PD - 1993-12-07
PR - JP19920127578 19920520
OPD - 1992-05-20
TI - OPTICAL COUPLING DEVICE
IN - KASATANI KAZUO;MITOMI OSAMU;NAGANUMA MITSURU
PA - NIPPON TELEGRAPH & TELEPHONE
ICO - T01S5/022 ; T01S5/40H
IC - G02B6/12 ; G02B6/26 ; G02B6/30 ; G02B6/42
CT - JP2195309 A []; JP61232406 A []; JP1288802 A []

© PAJ / JPO

PN - JP5323139 A 19931207
PD - 1993-12-07
AP - JP19920127578 19920520
IN - MITOMI OSAMU; others02
PA - NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>
TI - OPTICAL COUPLING DEVICE
AB - PURPOSE:To enable the low-loss optical coupling between optical function elements integrated with plural devices by setting the normalized frequency at the connecting ends of optical waveguide layers at the value at which the low optical coupling loss is resulted.
- CONSTITUTION:A semiconductor substrate101 of this optical coupling device has spot size converting waveguides2 and the size or refractive index of the semiconductor layers to constitute the core parts of the optical waveguides2 are formed to a tapered shape. The light wave spot size of a laser diode104 is gradually converted by the optical waveguides102 of this optical coupling device constituted in such a manner and is converted into a suitable size at the light exit end. The normalized frequency of the optical waveguides in the end face part connected to the other optical function element can be set at a suitable size and the low-loss optical coupling is attained according to the optical coupling device constituted in such a manner.
I - G02B6/12 ;G02B6/26 ;G02B6/30 ;G02B6/42

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平5-323139

(43) 公開日 平成5年(1993)12月7日

(51) Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 B	6/12	A 7036-2K		
	6/26	7132-2K		
	6/30	7132-2K		
	6/42	7132-2K		

審査請求 未請求 請求項の数2(全7頁)

(21) 出願番号 特願平4-127578

(22) 出願日 平成4年(1992)5月20日

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号

(72) 発明者 三富 修

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(72) 発明者 笠谷 和生

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(72) 発明者 永沼 充

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(74) 代理人 弁理士 谷 義一 (外1名)

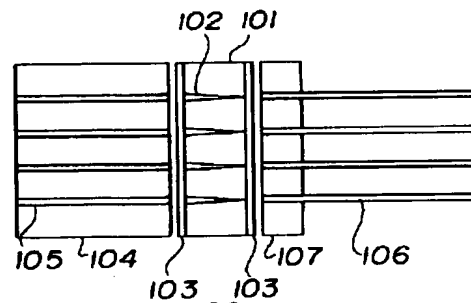
(54) 【発明の名称】 光結合デバイス

(57) 【要約】

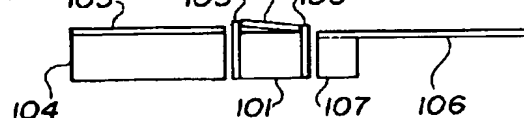
【目的】 光機能デバイス間の低損失な光結合を実現できる光結合デバイスを提供する。

【構成】 光結合デバイスにおいて光導波路のコア部になる半導体層の大きさ、もしくは屈折率をテーパ状に形成して、他の光機能デバイスと接続する端面部の光導波路の規格化周波数を適当な大きさに設定する。

(a)



(b)



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 互いに異なった構造の光機能デバイスを低損失で光結合する光結合デバイスであって、基板上に少なくとも一本の光導波路が形成され、該光導波路を構成する光導波層が少なくともその大きさまたは屈折率をその光伝搬方向に沿って変化され、これにより該光導波層の接続端部の規格化周波数が低光結合損失をもたらす値に設定されていることを特徴とする光結合デバイス。

【請求項2】 接続する一方の光機能デバイスが光ファイバであり、該光ファイバ側の前記光導波層の接続端部の規格化周波数の大きさが0.6から1.0の範囲に設定されていることを特徴とする請求項1に記載の光結合デバイス。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、光機能デバイスの光導波路を伝わる光波のスポット径を他の光機能デバイスに低損失で変換する光結合デバイスに関するものである。

【0002】

【従来の技術】 互いに構造の異なった光機能デバイス間を光結合させる場合、例えば、半導体レーザダイオード(LD)と単一モードファイバとの間を光結合させる場合、レーザダイオード素子端面とファイバとを直接突き合わせて結合(バットジョイント)させると、互いの光導波路の光波スポットサイズが異なっているため、直接突き合わせる部分の結合損失が問題になる。通常、レーザダイオードの光波スポットサイズ(モード半径:W)は1μm程度であり、ファイバのスポットサイズは約5μmであるため、この結合損失は約10dBになる。そこで、レンズによってスポットサイズを変換することによって結合損失を低減する方法が一般にとられる。

【0003】 ここで、複数のレーザダイオードを形成した光機能素子とアレーファイバとの間を、1個のレンズで光結合させる場合について、従来の光結合構成例を図1に示す。図1において、804は半導体基板、805はレーザダイオードの活性領域(光導波路部)、812はレンズ、806は光ファイバ、807はファイバを一定の間隔で固定するためのvグループ・アレーである。このような構成においては、レーザダイオードの集積規模が大きくなるに従って、レンズの収差等の影響により結合損失が大きくなるために、1個の半導体に集積できるレーザダイオードの個数に制限があった。

【0004】 また、図2、図3に示すような、テーパ状の光導波路により光のスポットサイズを変換する光結合デバイスを、レンズの代りとして用いることにより、レーザダイオードとファイバ間を低損失に光結合させる方法がある。図2は、このような従来の光結合デバイスの上面図、図3は同デバイスの断面図である。

【0005】 図4は前記光結合デバイスの動作原理を説

2

明するための図である。すなわち、図4から分かるように、光導波路のコア層908の屈折率 $\Delta n (= (n_1 - n_2) / n_1, n_2 : \text{クラッド層} 901, 909 \text{の屈折率}, n_1 : \text{コア層} 908 \text{の屈折率})$ を、一定の大きさに固定した場合、コア層908の厚さt、幅wを0から次第に大きくしていくと、導波光(基本モード光)のスポットサイズWは、無限大から次第に小さくなり、極小値をとった後、再び大きくなる関係がある。ここで、厚さt、幅wが大きくなり過ぎると、多モード導波路になり、高次モード変換による損失が大きくなるために、通常、この領域の寸法は用いられない。この関係を利用して、光結合デバイスのコア層908の大きさ(t, w)の設計においては、光入射端側(レーザダイオードとの結合側)では、レーザダイオード光のスポットサイズ(約1μm)と同程度のスポットサイズ W_i を与える寸法(厚み t_i 、幅 w_i が数100nm~数μm)に、光出射端側では、ファイバのスポットサイズ(約5μm)と同程度の大きさ W_o を与える寸法(厚み t_o 、幅 w_o が数10~数100nm)に設定される。また、コア層908の大きさがテーパ状になる領域の長さLは、放射による損失を低減するために、約100μmから数mm以上の長さに設定される。しかし、光出射端側の寸法 t_o, w_o を小さくして、 W_o を大きくすると、図5に示すように、光ファイバの導波光強度分布がほぼガウス分布形状になっているのに対し、導波路の光強度分布は、導波路の幅と屈折率差および伝搬光の波長によって決まる周知のパラメータである規格化周波数vが1より小さくなるために、指数関数形状になる。このため、形状の不整合による結合損失が大きくなる欠点があった。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 本発明の課題は、異なる2つの光機能素子、特に複数のデバイスを集積化した光機能素子間を低損失で光結合することが可能な光結合デバイスを提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】 本発明の光結合デバイスでは、光導波路のコア部になる半導体層の大きさ、もしくは屈折率をテーパ状に形成する。

【0008】

【作用】 前記構成の光結合デバイスによれば、他の光機能素子と接続する端面部の光導波路の規格化周波数を適当な大きさに設定することができ、これにより、低損失な光結合を実現可能となる。

【0009】

【実施例】 以下、図面を参照して本発明の実施例と原理を詳細に説明する。

【0010】 (実施例1) 図6(a), (b)は、本発明による光結合デバイスの実施例を示すものであり、アレーレーザダイオード素子とファイバとの間に、本発明の光結合デバイスを挿入し、低損失に光結合をとる場合

の構成図である。

【0011】図6の(a)は上面図、(b)は断面図であり、101は本発明にかかる光結合デバイスの半導体基板、102はスポットサイズ変換導波路、103は反射防止膜、104は半導体基板、105はレーザダイオード活性層(光導波路部)、106は単一モード光ファイバ、107はvグループ・アレーである。

【0012】この構成では、光結合デバイスの光導波路102によって、レーザダイオード104の光波スポットサイズから次第に大きさを変換し、光出射端部において適当なサイズに変換している。

【0013】(実施例2)図7は、本発明の他の実施例を示すもので、図6に示した光結合デバイスと半導体レーザをモノリシックに集積化した構成の斜視図である。図8ないし図11は、本発明の原理を説明するためのグラフである。

【0014】図7において、201はInPよりなる半導体基板であり、光導波路のクラッド部になる。202、205は、InGaAs、InGaAsP、InAlAs等からなるコア層であり、202の部分はスポットサイズ変換部、205の部分は通常の半導体レーザと同様の構造を有した発光部(活性層、半導体機能素子部)である。209はInGaAsP、InP等よりなるクラッド層であり、211は出射光である。テーパ部のコア層202の幅 w 、厚さ t は、レーザとの接続部では半導体機能素子のスポット形状と同様の大きさを与える w_1 、 t_1 に設定される。そして、光出射部では、そこに接続される光機能デバイス(例えば、光ファイバ)との結合損失が小さくなる w_0 、 t_0 の大きさに設定される。コア層、クラッド層の屈折率の大きさは、それぞれ n_1 、 n_2 である。

【0015】 n_1 、 n_2 の大きさは、半導体材料を選ぶことにより任意に設定できる。例えば、クラッド層にInPを用いた場合、波長 $\lambda = 1.55 \mu\text{m}$ 帯の光に対しては、 $n = 3.166$ である。また、InGaAsPの屈折率は、その組成によって、約3.2から3.5程度まで任意の大きさに設定できる。また、コア層として多重量子井戸層を用い、井戸層、障壁層の材質、厚さを選択することにより任意に屈折率を設定できる。さらに、例えば、選択成長マスクやエピタキシャル選択成長技術、あるいはフォトリソグラフィ技術等を用いることにより、コア層202の屈折率 n_1 や導波路寸法(w 、 t)の大きさをテーパ状に設定、製作することができる。

【0016】このような構成において、光導波路の出射部の大きさ(w_0 、 t_0)とコア層の屈折率 n_1 をパラメータにした場合において、光ファイバと直接結合させた時の結合損失の計算結果を図8に示す。ここでは、コア形状を円形と仮定し、波長 $\lambda = 1.55 \mu\text{m}$ 、クラッド層の屈折率 $n_2 = 3.166$ とした。図から分かるよ

うに、コア層の屈折率 n_1 の大きさに対して、低損失な特性を得るためには、最適なコア径 d_0 の大きさがあり、 $1 dB$ 以下の良好な特性を実現可能なことが分かる。これらの低結合損失特性を得ることができる導波路の光スポット形状は、計算によると、前記図5に示したような指数関数状になっているが、そのスポット径は光ファイバのスポット径とは異なった大きさになっている。

【0017】これらの導波路において、その規格化周波数(規格化導波路幅) $v (=k \cdot n_1 \cdot d_0 \cdot (2\Delta)^{1/2} / 2)$ 、 $k = 2\pi / \lambda$ 、 $\Delta = (n_1^2 - n_2^2) / 2n_1^2$ と、ファイバとの結合損失の関係、およびパラメータ v と規格化等価屈折率 $b (= (n^2 - n_2^2) / (n_1^2 - n_2^2))$ 、 n :導波路の等価屈折率)との関係の計算結果を図9、図10に示す。

【0018】図9より、規格化周波数 v の大きさを0.7~0.8程度にした時、低結合損失の特性を得られ、 n_1 が小さくなる程、最適な規格化周波数 v の大きさはやや大きくなり、しかも低損失特性を得るための規格化周波数 v の製作許容偏差量も緩くなる傾向があることが分かる。実用上、上記規格化周波数 v は、0.6~1.0であれば、良好な結合特性が得られる。

【0019】この時、規格化等価屈折率 b の大きさとしては、図10より、0.001~0.01程度の大きさにすれば良いことが分かる。

【0020】これらの結果より、光結合デバイスが光ファイバと低損失に結合するには、互いの光スポット径を合わせるのではなく、デバイスの導波路の規格化周波数 v を最適な値になるように、材質・構造を設計すれば良いことが分かる。

【0021】なお、通常、光デバイスに用いられる単一モード半導体導波路や光ファイバは、光の閉じ込めを強くするために、規格化周波数 v が約2程度の構造になっている。

【0022】図8、図9では、クラッド層としてInP($n_2 = 3.166$)を用いた場合について述べたが、 n_2 が大きくなる程、低結合損失特性を与える最適な規格化周波数 v は小さい値になる傾向があることを計算より確かめている。したがって、使用する材料・材質に合わせて最適な規格化周波数 v を設定すれば良い。

【0023】以上の計算では、導波路形状が円形の場合を示したが、通常、製作できる導波路は、図7に示すような方形、あるいは台形、三角形等の形状になる。このような場合、 n_1 、 n_2 が等しい時、コアの断面積を同じ大きさにすると、円形の場合と同様の特性が得られることを有限要素法や差分法等の計算で確認できる。例えば、 $n_1 = 3.3$ 、 $n_2 = 3.166$ 、 $w_0 = 0.4 \mu\text{m}$ 、 $t_0 = 0.3 \mu\text{m}$ の方形の場合について計算した導波路の光強度分布を、図11に示す。この場合、円形の導波路($d_0 \approx 0.4 \mu\text{m}$)の特性と同じになり、光フ

ファイバと低損失な光結合ができる。

【0024】図7の実施例において、半導体基板201とクラッド層209にInPを用いるとともに、コア層202にInGaAsP ($n_i = 3.3$)を用い、レーザ部は通常のレーザダイオード構造 ($w_i = 2\mu\text{m}$, $t_i = 0.3\mu\text{m}$)とし、テーパ導波路の出射部では、 $w_o = 0.4\mu\text{m}$, $t_o = 0.3\mu\text{m}$ とした場合の実験結果を、図12および図13に示す。図12の(a), (b), (c)は、導波路202からの出射光211の近視野像であり、スポット径は約 $10\mu\text{m}$ 程度の大きさ

になっていることが分かる。

【0025】また、図13は、出射光211を光ファイバと結合させた時、光ファイバの光軸と垂直方向の軸ずれ許容特性を示す。図から、実験結果は計算とよく一致しており、ほぼファイバ同士の許容特性と同様の結果が得られている。この時の光結合デバイスの全挿入損失(テーパ導波路の伝搬損失、ファイバとの結合損失を含む)は、3dB以下の低損失な特性を得ることができた。

【0026】以上の説明では、InP基板上にスポットサイズ変換用導波層を形成する場合について説明したが、他の半導体材料、例えば、GaAs系に対しても同様に製作できることは明らかである。

【0027】また、光導波路材料として半導体材料を中心に説明したが、ポリマー等の有機材料や石英等のガラス材料を、光導波路材料として用いても、本発明を適用できることは言うまでもない。

【0028】また、以上の説明では、光導波路のクラッド部になる基板材料とクラッド層の材質を同じにした場合について説明したが、これらに異なった材料を組み合わせ、非対称構造の導波路構成にしても、上記実施例と同様の原理を利用できる。

【0029】さらに、以上の説明では、光ファイバを接続する場合について説明したが、この他に、他の半導体光導波路部品、あるいはガラス導波路部品など、あらゆる光導波路部品との接続部に対しても、それら導波路の光強度分布に合わせるように、本発明による光結合デバイス導波路の規格化周波数の大きさを設定すれば、低結合損失の特性を実現できることも明らかである。

【0030】本発明の光結合デバイスは、半導体材料より構成されるので、例えば、半導体レーザやレーザダイオードアンプ、光スイッチ等の光機能素子の光入出射端部に、本発明の光結合デバイスを同一基板上にモノリシックに集積化した光デバイスを実現することも可能である。この場合、半導体基板上に、光機能素子導波路を形成する時に、本発明の光結合用導波路を同時に形成するか、あるいは光機能素子部を形成した後、互いの導波路を直接突き合わせるように光結合用テーパ導波路を形成しても良い。

【0031】

【発明の効果】以上説明したように、本発明では、光導波路のコア部の大きさ、もしくは屈折率をテーパ状に形成し、他の光機能素子と接続する端面部の光導波路の規格化周波数を適当な大きさに設定することにより、低損失な光結合を可能としている。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来の光結合方法を示した平面構成図である。

【図2】従来の光結合デバイスの平面構成図である。

【図3】従来の光結合デバイスの側断面図である。

【図4】従来の光結合デバイスにおけるコアの大きさとスポットサイズとの関係を示すグラフである。

【図5】従来の光結合デバイスの動作原理を示したグラフである。

【図6】本発明の一実施例を示すもので、(a)は本発明の光結合デバイスの上面図であり、(b)は同断面図である。

【図7】本発明の他の実施例を示すもので、本発明の光結合デバイスの斜視図である。

【図8】本発明の光結合デバイスの動作原理を説明するためのもので、テーパ導波路の出射端部の構造と光ファイバ結合損失との関係を示したグラフである。

【図9】本発明の光結合デバイスの動作原理を説明するためのもので、導波路の規格化周波数と、光ファイバの結合損失との関係を示したグラフである。

【図10】本発明の光結合デバイスの動作原理を説明するためのもので、導波路の規格化周波数と、光ファイバの規格化等価屈折率との関係を示したグラフである。

【図11】方形導波路の光強度分布を示したグラフである。

【図12】本発明の光結合デバイスの光強度特性を示すもので、(a)は光強度等高線を示すグラフであり、(b)は(a)図の線1に沿う光強度分布を示すグラフであり、(c)は(a)図の線2に沿う光強度分布を示すグラフである。

【図13】本発明の光結合デバイスにおける軸ずれ量に対する結合損失変化を示すグラフである。

【符号の説明】

- 101 半導体基板
- 102 スポットサイズ変換導波路
- 103 反射防止膜
- 104 半導体基板
- 105 レーザダイオード活性層
- 106 光ファイバ
- 107 ν グループ・アレー
- 201 半導体基板
- 202 スポットサイズ変換導波路
- 209 クラッド層
- 211 出射光
- 804 半導体基板
- 806 光ファイバ

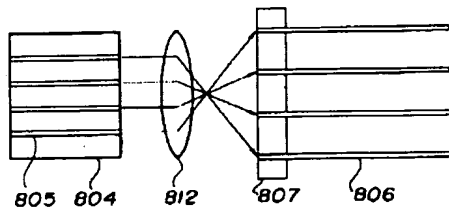
(5)

特開平5-323139

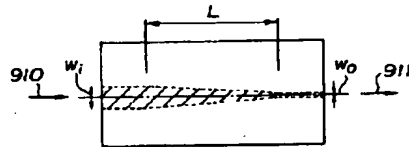
807 vグループ・アレー
812 レンズ
901 半導体基板
908 コア層

909 クラッド層
910 入射光
911 出射光

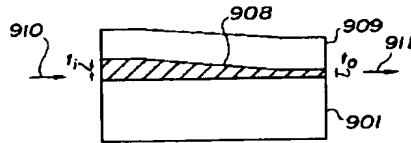
【図1】



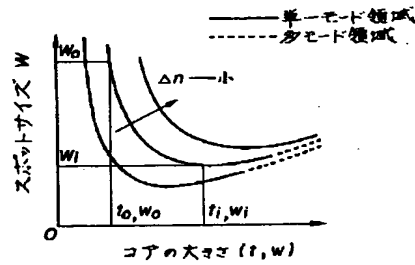
【図2】



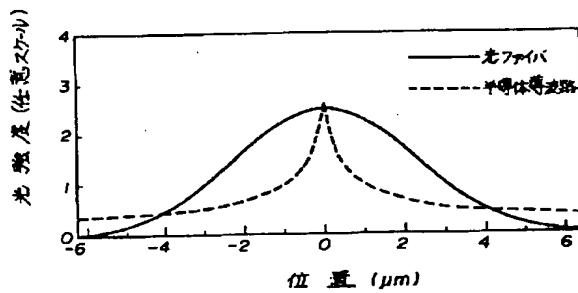
【図3】



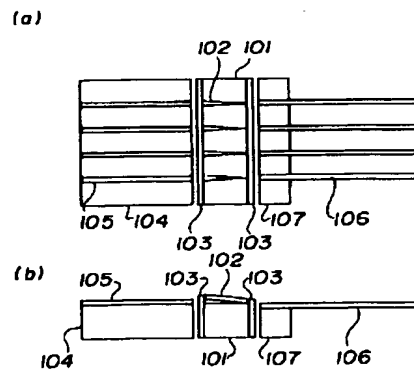
【図4】



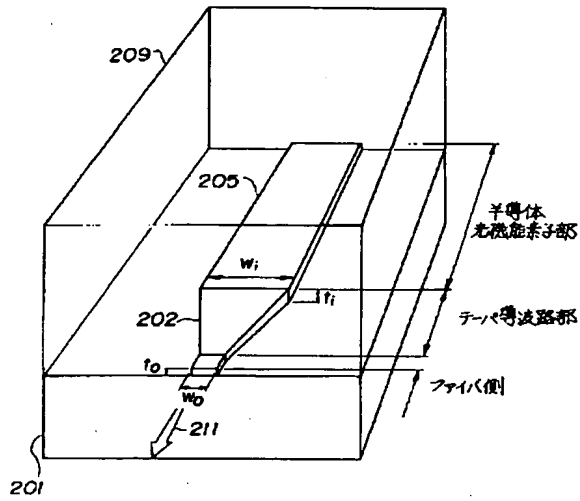
【図5】



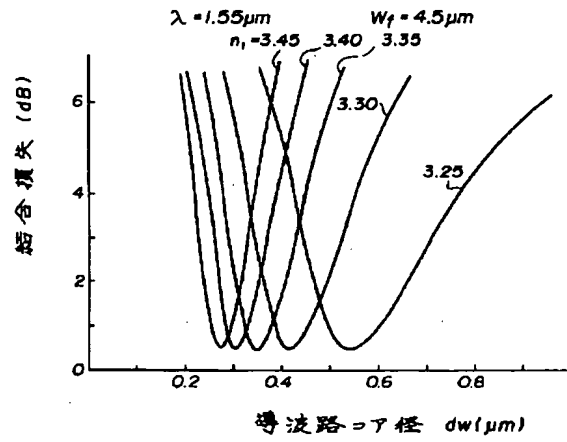
【図6】



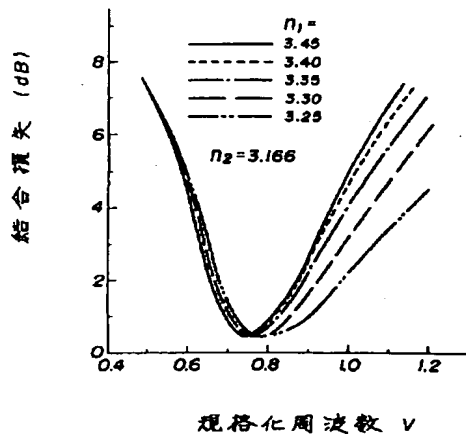
【図7】



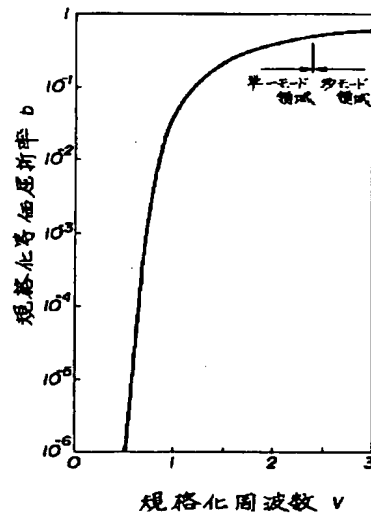
【図8】



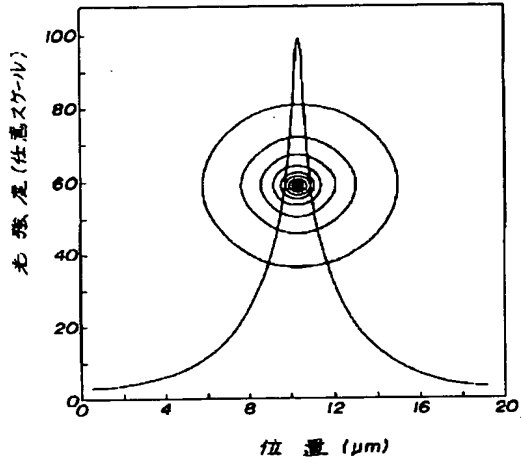
【図9】



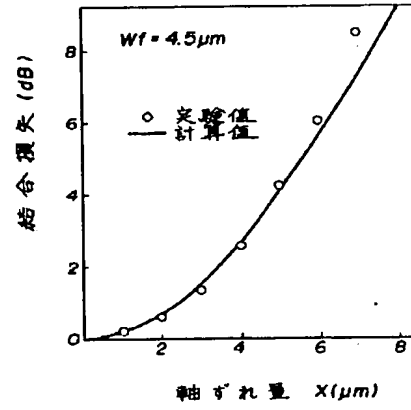
【図10】



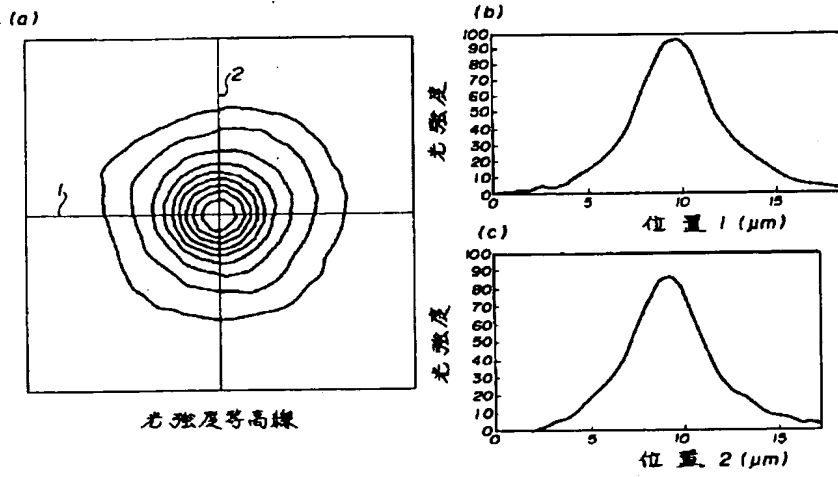
【図11】



【図13】



【図12】



THIS PAGE BLANK (USPTO)